

# 圈养和放养对羊粪堆肥的影响

李红霞

(内蒙古科技大学生物科学与工程学院, 包头 014010)

**摘要:** 试验以羊粪为原料, 采用好氧堆肥技术对内蒙古达茂旗和乌兰察布2个地区不同饲养方式(圈养和放养)产生的羊粪在腐熟过程中的温度、pH、含水量、种子发芽指数(GI)、C/N含量进行研究。试验结果表明: 放养方式堆肥在第4天分别达到最高温56℃和55℃, 且高温阶段(>50℃)持续时间达8d。堆熟后, 各处理堆肥的碳氮比(堆肥结束与初始C/N的比)均符合羊粪堆肥腐熟标准(C/N<20)。放养方式堆肥种子发芽指数在堆制20d时已达60%以上, 而圈养方式在24d后才达到。综合分析得出, 放养方式羊粪堆肥有利于羊粪堆肥的熟化、稳定性及质量的提高。

**关键词:** 饲养方式; 羊粪堆肥; 发芽指数; 影响

**中图分类号:** S811.5      **文献标识码:** B      **doi:** 10.3969/j.issn.2096-3637.2019.02.003

## 0 引言

内蒙古是我国最大的牧区, 同时也是我国养羊业的主要区域。近年养羊业快速发展, 但在发展的同时, 也产生了相关的环境污染问题。养殖场每天都会排放大量的羊粪、污水、恶臭气体, 严重污染周围的环境, 因此畜禽粪便的科学处理直接关系到人类的健康和生态平衡。

世界范围内资源化处理中堆肥已成为有机固体废弃物的重要工艺<sup>[1]</sup>。可以采用堆肥技术, 利用微生物的好氧发酵, 使畜禽粪便中不稳定的有机物逐步降解为性质稳定且对作物无害的有机质或土壤改良剂<sup>[2-3]</sup>。这对实现农业废弃物资源化利用、发展有机肥、促进农业可持续发展具有重要意义。

我国废弃物资源化利用研究起步较早, 但是目前国内对羊粪常用的一些粗放式堆肥方式的实际效果不明显, 如堆肥所需时间长、腐熟度不达标, 而且其中还包含大量有害病菌。虽然已有一些报道: 羊粪中添加牛粪、麦秆或直接羊粪堆肥, 可改进堆肥的理化性质和控制参数等<sup>[4-6]</sup>, 但是在饲养方式(放养与圈养)方面进行羊粪堆肥的研究鲜有报道, 本研究旨在通过放养和圈养羊粪堆肥的比较寻求一种最佳羊粪堆肥方式。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验用羊粪分别取自内蒙古包头达尔罕茂明安联合旗宝石镇养殖户和内蒙古乌兰察布盟察右中旗大滩乡养殖户(圈养羊仅饲喂定量玉米和玉米秸秆, 放养羊每天坡上自由吃草并饲喂定量的玉米)。为制定合理的堆肥配方, 需要对原料的有关化学成分进行分析。样品风干后分别采用重铬酸钾容量法和凯氏定氮法对有机碳(TC)、全氮(TN)进行测定<sup>[7]</sup>, 试验测得堆肥原料成分结果见表1。

表1 原料的部分理化性质

试验代码	原料名称	pH	含水量(%)	TC(%)	TN(%)	C/N
A1	达茂旗放养羊粪	7.46	58.89	55.23	2.3	24.01
A2	达茂旗圈养羊粪	6.37	58.54	54.45	2.0	27.23
B1	察右中旗放养羊粪	7.50	61.16	56.06	2.1	26.70
B2	察右中旗圈养羊粪	7.20	58.91	53.12	1.9	27.96

### 1.2 方法

试验所用羊粪进行适当粉碎放于阴凉处备用, 称取2 500 g混合肥料, 装于容积为35 cm×25 cm×25 cm(W\*L\*H)的聚乙烯容器中, 含水量保持在50%~60%, 在堆肥过程中通过烘烤法测含水量, 每隔3 d人工翻堆1次, 以保持空气的流通性。

### 1.3 采样方法

充分翻堆后, 采用五点采样法, 在堆肥第0、4、8、12、16、20、24、28、32、36、40天分别采样。每个堆体每次采集200 g, 100 g风干后用于测定有机碳(TC)和全氮(TN), 100 g用于测定含水率和发芽率。

### 1.4 测定项目与方法

#### 1.4.1 温度测定

堆体温度每天用精密水银温度计在各处理50 cm深处堆体中心点测量温度, 另外再用同样的方法在2个不同方向分别测量堆体温度, 然后取这3点平均值作为堆体温度, 同时记录当时的环境温度。

#### 1.4.2 pH测定

新鲜样品与去离子水按1:10(W:V)的比例混合, 然后在室温条件下用玻璃棒搅拌10 min, 静置1 h, 过滤后取50 mL, 用精密pH计测定滤液的pH值。

#### 1.4.3 含水率测定

将堆肥样品清洗后放入烘干且恒重的坩埚内, 然后用分析天平称取新鲜堆肥样( $m_1$ ), 精确至0.01 g, 置于105℃恒温烘箱中烘烤12 h, 放在干燥器中冷却25 min至室温称重( $m_2$ )。

含水率计算公式: 含水率(%) =  $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$

#### 1.4.4 有机碳(TC)含量测定

重铬酸钾容量法。加热条件下, 用一定量的重铬酸

**作者简介:** 李红霞(1987-), 汉族, 内蒙古乌兰察布人, 在读硕士, 研究方向: 生物质能源。

钾—硫酸溶液，将堆肥物中的有机碳氧化，剩余的重铬酸钾溶液再用硫酸亚铁标准溶液滴定，并且做空白试验作对照。根据氧化前后重铬酸钾的消耗量，计算出有机碳的含量。

#### 1.4.5 全氮含量测定

凯氏定氮法。有机肥中的有机氮经硫酸—过氧化氢消煮后，转化为铵态氮。将碱化后蒸馏出来的氨用硼酸溶液吸收，并以标准酸溶液滴定，进而可以计算出样品中的全氮含量。

#### 1.4.6 种子发芽指数 (GI) 测定

准确称取新鲜堆肥样品5 g，物料与水按1:10的比例混匀，用玻璃棒搅拌10 min，静置1 h后过滤。在培养皿中铺2层滤纸，用吸管吸取5 mL滤液加入培养皿中，将20粒小油菜种子均匀放置在滤纸上，黑暗条件下25℃培养48 h后，重复3次，用游标卡尺测定种子根长，计算发芽率，以去离子水作对照。

种子发芽指数 (GI%) = (处理平均发芽率 × 处理平均根长) / (对照平均发芽率 × 对照平均根长) × 100%

## 2 结果与分析

### 2.1 羊粪堆肥颜色和臭味变化

羊粪堆肥结束后，各堆肥处理的体积略减小，颜色呈加深的棕褐色，臭味减轻，水分较发酵前含量低。

### 2.2 堆肥过程中温度变化

堆肥内部温度的变化可以反映微生物的活性，也可判断堆肥的无害化和稳定性<sup>[8]</sup>。A1和B1处理2 d后分别迅速升温至51.2、50.3℃，从堆肥初始的升温阶段迅速进入高温阶段，温度变化比较敏感，而A2和B2稍弱于A1和B1处理，说明放养能促进羊粪堆肥进入高温阶段。堆肥前原料配比、预处理的好坏和有机物在堆肥过程中氧化分解程度都可通过高温阶段体现，但是温度过低或过高都不利于堆肥的进行。堆肥温度A1和B1都在2 d后达到50℃以上，并且都持续了6~7 d，堆肥进行10 d后温度开始迅速下降，在14 d时温度下降到26℃，最后与环境温度保持一致，见图1。

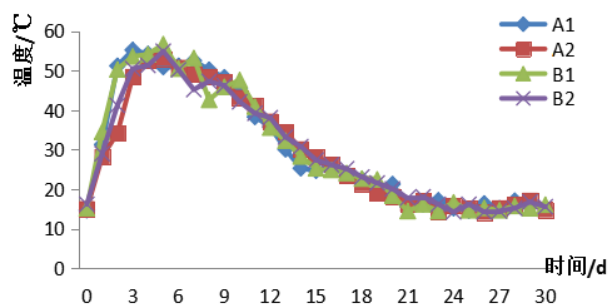


图1 各处理温度变化

### 2.3 堆肥过程中pH的变化

A1与B1初始pH值分别为7.46和7.38，2 d后堆肥的pH值下降到5.8、5.9，然后开始上升，A1处理在16 d时pH值达到最大值8.5，直到堆肥结束pH值保持在7.0~8.0，放养羊粪pH值上升幅度更大。分析原因可能是初期堆肥中微生物分解有机氮，导致有机酸增加，使pH值下降；微生物的代谢

活动会释放大量的热量，促进嗜热微生物的生长，更进一步促进了堆肥温度迅速升高，嗜热微生物会代替中温微生物进行降解活动，使有机酸分解<sup>[9-10]</sup>，同时溶解在堆肥中的 $\text{NH}_4^+$ 增加，此时铵态氮迅速增加，使堆肥的碱性增强，进而导致pH值达到最高值；后来较高的pH值又使氨气迅速逸出堆体，使堆体pH值下降<sup>[11]</sup>。A2和B2的pH值变化较为缓慢，可能是圈养羊粪抑制了中温微生物的生长，分解有机物的能力下降，有机酸、 $\text{NH}_4^+$ 等物质的形成也较少，见图2。

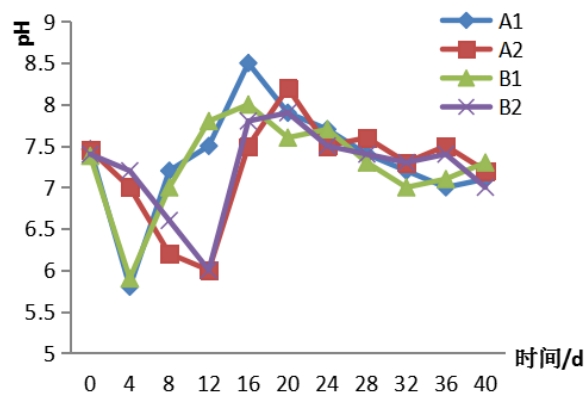


图2 各处理的pH变化

### 2.4 堆肥过程中含水率的变化

影响堆肥效果中的水分也是一个重要的参数，在堆肥过程中水分对微生物的生长繁殖和有机物质的分解不可缺少，而且还可通过水分蒸发调节堆体的温度。含水率过低或过高都会影响微生物的活性和生长。过低会降低堆肥物的降解速率，使发酵周期变长，过高会导致堆体过分被压实，进而引起通风供氧不畅，容易出现厌氧发酵。A2与B2的起始含水率与A1相当，但是在堆肥过程中，A1和B1的水分下降速度明显快于B2；B1的初始含水率高于A1、B2，堆肥过程中含水率的下降速度与A1相当。A1处理第25天时的含水率已经下降到25%，满足了堆肥的腐熟条件；A2堆肥物在第34天下降到28%；B2堆肥在第40天下降到29%，勉强可以达到堆肥腐熟的条件。分析其原因可能是A1和B1的高温阶段温度较高并且持续时间长，水分蒸发较快，见图3。

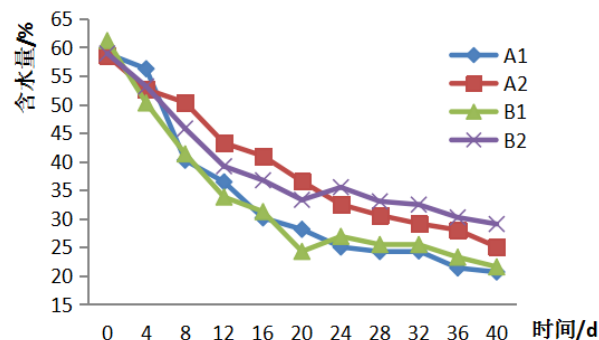


图3 各处理的含水量变化

### 2.5 堆肥过程中C/N的变化

碳氮比 (C/N) 是影响堆肥效果的重要因素之一，其中碳是堆肥生化反应的能量来源，氮不仅是控制生物合成

的主要元素,也是反应速度的控制因素,堆肥过程的理想碳氮比为 $(20 \sim 35):1$ <sup>[12]</sup>。在堆肥发酵过程中,各个处理C/N值均呈下降趋势,至堆肥结束时,其中A1和B1的C/N值下降幅度更大,通常认为堆肥C/N值下降到20以下时,可初步断定堆肥已经达到腐熟<sup>[13]</sup>。放养羊粪堆肥组堆料C/N的值在反应20 d时已经小于20,由此可见,利用放养羊粪堆肥缩短了羊粪腐熟的时间,见图4。

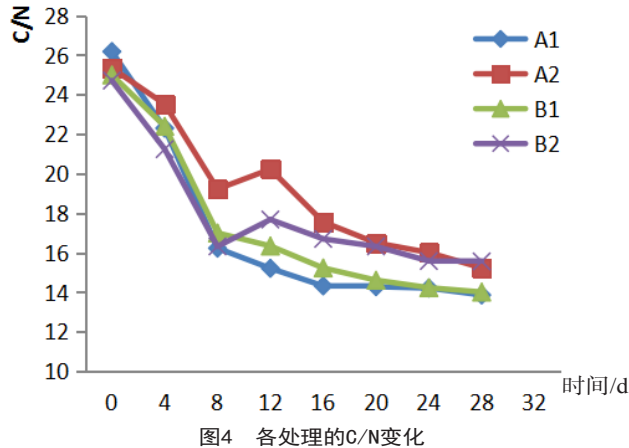


图4 各处理的C/N变化

## 2.6 堆肥过程中发芽率(GI)的变化

种子发芽指数在一定程度上可以反映物料的植物毒性,并且是可靠的敏感腐熟度评价指标<sup>[14]</sup>。堆肥初期,未腐熟的堆肥中高浓度 $\text{NH}_3$ 和有机酸的产生对种子的发芽产生了限制作用,因此,在试验开始阶段中的种子发芽指数(GI)都很低,后来随着堆肥时间的延长,有机酸逐渐分解, $\text{NH}_3$ 溢出或被氧化为 $\text{NO}_3^-$ ,抑制作用减弱,同时堆肥后期微生物会产生一些促进植物生长的激素如生长素、赤霉素等<sup>[15-16]</sup>,使GI呈逐渐上升趋势,当堆肥结束时已经趋于稳定,并且保持在70%~90%。当 $\text{GI} > 50\%$ 时,堆肥可以被认为对植物基本无毒;当 $\text{GI} > 85\%$ 时,堆肥产品已经达到完全没有毒性,此时堆肥已经腐熟<sup>[17]</sup>,见图5。

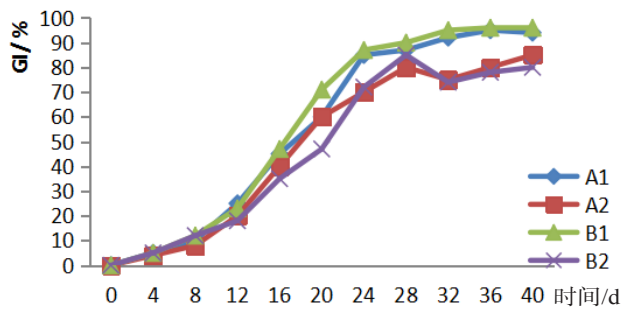


图5 各处理的发芽率变化

## 3 结论

(1) 放养羊粪有利于堆体快速进入高温阶段,并且高温持续时间延长,有利于微生物生长,促进羊粪的无害化,加快羊粪堆肥腐熟进程。

(2) 圈养羊粪堆肥过程中,升温慢,种子发芽率也较低,腐熟化程度低。

(3) 综合分析试验结果,放养羊粪堆肥处理能加快羊粪堆肥的腐熟速度。堆肥结束时,放养羊粪处理的水分散失较大,各处理的pH值、含水率和C/N值均符合堆肥腐熟

的标准,达到了腐熟,对植物无毒害作用,并且具有堆肥时间短、腐熟化程度高等优点,具有一定应用前景。

## 参考文献

- [1] 李国学,李玉春,李彦富. 固体废弃堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环保, 2003, 22(2): 252-256.
- [2] 张敏,王正银. 生物有机肥料与农业可持续发展[J]. 磷肥与复肥, 2006, 21(2): 58-59.
- [3] Bhattacharyya P, Chakrabarti K, Chakraborty A. Microbial biomass and enzyme activities in submerged rice soil amended with municipal solid waste compost and decomposed cow manure[J]. Chemosphere, 2005, 60(3): 310-318.
- [4] 柯英,陈晓群. 牛羊粪高温堆肥腐熟过程研究[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(6): 63-65.
- [5] 张鸣,高天鹏,刘玲玲,等. 麦秆和羊粪混合高温堆肥腐熟进程研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 566-569.
- [6] 代黎,全学军,项锦欣,等. 山羊粪污静态好氧堆肥试验[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2014, 28(1): 54-59.
- [7] 李季,彭生平. 堆肥工程实用手册[D]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [8] 朱凤香,王卫平,杨友坤,等. 固体废弃物堆肥的腐熟度评价指标[J]. 浙江农业科学, 2010(1): 159-163.
- [9] Tran Q N M, Mimoto H, Nakasaki K. Inoculation of lactic acid bacterium accelerates organic matter degradation during composting[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2015, 104: 377-383.
- [10] Kiyohiko Nakasaki, Shogo Araya, Hiroshi Mimoto. Inoculation of Pichia kudriavzevii RB1 degrade-s the organic acids present in raw compost material and accelerates composting[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2013, 144: 521-528.
- [11] Ruirui Chen, Yiming Wang, Wei Wang.  $\text{N}_2\text{O}$  emissions and nitrogen transformation during windrow com-posting of dairy manure[J]. Journal of Environmental Management, 2015, 160: 121-127.
- [12] 郑欢,刘俊超,张健,等. 不同C/N比条件下污泥好氧堆肥研究[J]. 轻工科技, 2014, 30(4): 70-72.
- [13] Golueke C G. Principles of biological resource recovery[J]. Bio-Cycle, 1981(22): 36-40.
- [14] 罗源,袁京,李国学,等. 种子发芽试验在低碳氮比堆肥腐熟度评价方面的实用性[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(1): 179-185.
- [15] Barbara Scaglia, Michele Pognani, Fabrizio Adani. Evaluation of hormone-like activity of the dissolved organic matter fraction (DOM) of compost and digestate[J]. Science of the Total Environment, 2015, 514: 314-321.
- [16] 李洋,席北斗,赵越,等. 不同物料堆肥腐熟度评价指标的变化特征[J]. 环境科学研究, 2014, 27(6): 623-627.
- [17] Zucchini F, Forte M, Monaco A. Biological evaluation of compost maturity[J]. Biocycle, 1981, 22(4): 27-29.